



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift DE 101 19 968 A 1

Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 62 D 5/04

21 Aktenzeichen: 101 19 968.6  
22 Anmeldetag: 24. 4. 2001  
43 Offenlegungstag: 7. 2. 2002

DE 101 19 968 A 1

36 Unionspriorität:  
2000-218880 19. 07. 2000 JP

71 Anmelder:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

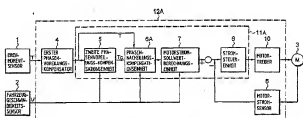
72 Erfinder:  
Wada, Shunichi, Tokyo, JP; Tado, Masahiro, Tokyo, JP; Nagai, Isamu, Kobe, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## 54 Elektrisches Servolenkgerät

57 Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrisches Servolenkgerät für die Anwendung in einem Motorfahrzeug, und sie enthält einen Motor (3) zum Erzeugen einer Hilfskraft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit zu steuernden Fahrzeugrädern verbindet, und einen Drehmomentensensor (1) zum Detektieren eines auf das Lenksystem ausgeübten Lenkdrehmoments. Das Gerät enthält auch einen Controller (12A) zum Steuern eines dem Motor (3) in Ansprechen auf Lenkinformation zuzuführenden Strom, für die Unterstützung eines Lenktriebs eines Betreibers des Lenkrads. Das Gerät kann ferner einen Lenkratendetektor zum Detektieren einer Lenkgeschwindigkeit des Lenksystems enthalten. Der Controller enthält einen Kompensator (4, 5 6A-6E) zum Implementieren der Phasenvorellungs- und der Phasennachstellungs-Kompensation für das Lenkdrehmoment auf der Grundlage der Ausgangsgröße des Drehmomentensensors (1). Der Kompensator weist eine abgesenkte Wirkung der Phasennachstellungs-Kompensation dann auf, wenn das Lenkdrehmoment einen vorgegebenen Wert oder weniger annimmt oder wenn die durch den Lenkratendetektor detektierte Lenkgeschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt. Demnach wird das Lenkdrehmoment-Steueransprechverhalten verbessert.



DE 101 19 968 A 1

## Beschreibung

[0001] Diese Erfindung basiert auf der Anmeldung Nr. 2000-218880, eingereicht am 19. Juli 2000, und deren Inhalt ist hier durch Bezugnahme mit aufgenommen.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrisches Servolenkgerät für die Verwendung in einem Motorfahrzeug.

[0003] Ein elektrisches Servolenkgerät für eine Lenkung eines Motorfahrzeugs ist aus dem Stand der Technik allgemein bekannt. Typischerweise können in einem derartigen elektrischen Servolenkgerät ein Motor und ein Lenksystem (natürliche Frequenzkomponente) unterliegen, die spezifisch für einen Drehmomentsensor gemäß einer Drehmomenteingabefrequenz sind. Um dies zu vermeiden, ist ein Phasenvoreilungskompensator zum Verbessern des Phasenabstands vorgesehen, wie er in einem Bode-Diagramm zum Wiederspiegeln einer Drehmomenthilfs-Steuerungsgröße relativ zu einer Drehmomentsensor-Eingangsgröße dargestellt ist, zum Verbessern der Stabilität des Lenksystems. Ist eine Reaktionskraft, die durch eine Straße ausgeübt wird, beispielsweise während einem stationären Lenkvorang oder während einem Betrieb mit geringer Geschwindigkeit groß, so ist die Drehmoment-Hilfsgröße zu verstärken, und die Drehmomenthilfs-Steuerungsgröße wird demnach relativ zu der Drehmomentsensor-Eingangsgröße groß. Demnach erhöht sich bei Zunahme der Verstärkung in einem Bode-Diagramm zum Darstellen einer Drehmoment-Hilfsausgangsgröße relativ zu einer Drehmomentsensor-Eingangsgröße ebenso die Übergangsfrequenz, während immer noch dieselbe Phase vorliegt, und der Phasenrand wird abgesenkt, unter Herbeiführung einer Oszillation. Eine Vorgehensweise zum Vermeiden einer derartigen Oszillation ist beispielsweise in der japanischen nicht geprüften Patentanmeldungs-Veröffentlichung Nr. 11-208490 vorgeschlagen, die ebenso bzw. nach Commonlons auf den genannten Abtriebsempfänger übertragen ist, und bei dieser wird eine Wirkung der Phasennachlaufkompensation in einem Gebiet der Übergangsfrequenz dann verbessert, wenn sich das Fahrzeug mit geringen Geschwindigkeiten fortbewegt, wodurch die Übergangsfrequenz niedriger bei Zunahme des Phasenabstands zum Verbessern der Stabilität ausgebildet wird.

[0004] Ein derartiges übliches elektrisches Servolenkgerät für die Anwendung in einem Motorfahrzeug enthält ein Phasennachlaufkompensationsmerkmal bei einer Eingangschnittstelle mit dem Drehmomentsensor, und es entstehen demnach die folgenden Probleme. Die Phasennachlaufkompensation bewirkt ein Absenken der Übergangsfrequenz bei einer Verringerung der Verstärkung in einem Gebiet der Lenkfrequenz, wodurch das Ansprechverhalten verschlechtert ist. Dies führt zu einer ausreichenden Drehmomenthilfsgröße dann, wenn ein Lenkrad stark gedreht wird oder wenn das Lenkrad periodisch mit einem kurzen Schwung oder kurzer Amplitude gedreht wird, was zu einem schlechten Lenkgefühl führt.

[0005] Die vorliegende Erfindung wurde zum Überwinden der vorgenannten Schwierigkeiten geschaffen, und ein technisches Problem der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines elektrischen Servolenkgeräts, bei der eine Wirkung der Phasennachlaufkompensation dann abgesenkt ist, wenn ein Lenkrad scharf gedreht wird oder wenn ein Lenkrad periodisch mit kurzem Schwung oder Amplitude gedreht wird, zum Verbessern des Drehmomentsteuer- bzw. Regelansprechverhaltens.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung enthält ein elektrisches Servolenkgerät einen Motor

zum Erzeugen einer Hilfslenkkraft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit zu lenkenden Fahrzeugrädern verbindet, und einen Drehmomentsensor zum Detektieren eines auf das Lenksystem ausgeübten Lenkdrehmoments. Das Gerät enthält auch einen Controller zum Steuern eines dem Motor zuzuführenden Stroms, und zwar in Ansprechen auf die Lenkinformation zum Unterstützen eines Lenkbetriebs eines Betreibers des Lenkrads. Der Controller enthält eine Kompensatorvorrichtung zum Implementieren der Phasenvoreilungs- und der Phasennachlaufkompensation für das Lenkdrehmoment auf der Grundlage der Ausgangsgröße des Drehmomentsensors. Die Kompensatorvorrichtung führt zu einer abgesenkten Wirkung der Phasennachlaufkompensation dann, wenn das Lenkdrehmoment einen vorgegebenen Wert oder weniger aufweist.

[0007] Mit dieser Anordnung wird die Lenkdrehmomentsteuerung bzw. Regelung auf der Grundlage der Drehmomentsensor-Ausgangsgröße so bewirkt, dass sich das Ansprechverhalten der Lenkdrehmomentregelung verbessert lässt, wodurch der Umfang der Lenkkraft verringert ist, der von dem Betreiber während dem Lenkvorang angefordert wird, und demnach das Lenkgefühl verbessert ist.

[0008] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung enthält ein elektrisches Servolenkgerät einen Motor zum Erzeugen einer Hilfslenkkraft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit zu steuernden Fahrzeugrädern verbindet, sowie einen Drehmomentsensor zum Detektieren eines Lenkdrehmoments, das auf das Lenksystem angewandt wird, und einen Lenkgeschwindigkeitsdetektor zum Detektieren einer Lenkgeschwindigkeit des Lenksystems. Das Gerät enthält auch einen Controller zum Steuern bzw. Regeln eines dem Motor zuzuführenden Stroms in Ansprechen auf die Lenkinformation zum Unterstützen eines Lenkbetriebs des Lenkrads durch einen Betreiber. Der Controller enthält eine Kompensatorvorrichtung zum Implementieren der Phasenvoreilungs- und Phasennachlaufkompensation für das Lenkdrehmoment, das durch den Drehmomentsensor detektiert wird. Die Kompensatorvorrichtung bewirkt eine verringerte Wirkung der Phasennachlaufkompensation dann, wenn die durch den Lenkgeschwindigkeitsdetektor detektierte Lenkgeschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt.

[0009] Mit dieser Anordnung wird die Lenkdrehmomentsteuerung bzw. Regelung auf der Grundlage der Lenkgeschwindigkeitsdetektors des Lenksystems so bewirkt, dass sich das Ansprechverhalten für die Lenkdrehmomentsteuerung verbessern lässt. Dies dient zum Verringern des Umfangs der Lenkkraft, die von dem Betreiber dann gefordert wird, wenn das Lenkrad flott oder schnell durch den Betreiber zu drehen ist, wodurch das Lenkgefühl verbessert ist.

[0010] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung enthält ein elektrisches Servolenkgerät einen Motor zum Erzeugen einer Hilfslenkkraft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit zu lenkenden Fahrzeugrädern verbindet, sowie einen Drehmomentsensor zum Detektieren eines auf das Lenksystem ausgeübten Lenkdrehmoments und einen Lenkgeschwindigkeitsdetektor zum Detektieren einer Lenkgeschwindigkeit des Lenksystems. Das Gerät enthält auch einen Controller zum Steuern bzw. Regeln eines dem Motor zuzuführenden Stroms, auf der Grundlage der Lenkinformation zum Unterstützen eines Lenkbetriebs des Lenkrads durch einen Betreiber. Der Controller enthält eine Kompensatorvorrichtung zum Implementieren der Phasenvoreilungs- und der Phasennachlaufkompensation für das Lenkdrehmoment auf der Grundlage einer Ausgangsgröße des Drehmomentsensors und der Ausgangsgröße des Lenkgeschwindigkeitsdetektors. Die Kompensatorvorrichtung bewirkt eine abgesenkte Wirkung der Phasennachlauf-

kompensation dann, wenn das Lenkdrehmoment ein vorgegebener Wert oder weniger ist oder wenn die Lenkgeschwindigkeit, die durch den Lenkgeschwindigkeitsdetektor detektiert wird, einen vorgegebenen Wert übersteigt.

[0011] Mit dieser Anordnung wird die Lenkdrehmomentsteuerung bzw. -regelung auf der Grundlage der Drehmomentensor-Ausgangsgröße oder der Lenkgeschwindigkeit des Lenksystems so bewirkt, dass sich das Ansprechverhalten bei der Lenkdrehmomentsteuerung verbessern lässt. Dies dient zum Verringern des Umfangs der Lenkkraft, die von dem Betreiber angefordert wird, insbesondere bei einem flotten oder einem schnellen Lenkvorgang, wodurch das Lenkgefühl verbessert ist.

[0012] Bevorzugt ändert sich die Phasennacheilungskompensationswirkung der Kompensatorvorrichtung auf der Grundlage der Lenkgeschwindigkeit vor dem Lenkdrehmoment. Dies ist insbesondere zum Verringern des Umfangs der Lenkkraft wirksam, die von dem Betreiber bei einem schnellen oder flotten Lenkvorgang angefordert wird, wodurch das Lenkgefühl verbessert ist.

[0013] Bevorzugt wird der Gewinn bzw. die Verstärkung für eine Hilfsdrehmoment-Ausgangsgröße relativ zu einem Drehmoment-Eingangsgröße der Kompensatorvorrichtung, der in Übereinstimmung mit der Geschwindigkeit des Fahrzeuges festgelegt ist, indem das elektrische Servolenkgerät montiert ist, niedriger in einem Bereich bzw. einer Zone relativ zu einem niedrigen Drehmoment festgelegt, in dem bzw. der eine abgesenkte Wirkung der Phasennacheilungskompensation der Kompensatorvorrichtung erforderlich ist, als in einem Bereich bzw. einer Zone zum Darstellen eines höheren Drehmoments. Hierdurch lässt sich wirksam eine Verschlechterung der Stabilität aufgrund einer Oszillation vermeiden, die dann auftreten kann, wenn eine Wirkung der Phasennacheilungskompensation abgesenkt ist.

[0014] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun in bezug auf die beiliegende Zeichnung beschrieben; es zeigen:

[0015] Fig. 1A ein Blockschaltbild zum Darstellen der Anordnung eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0016] Fig. 1B ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs einer in Fig. 1A gezeigten Phasennacheilungskompensationseinheit 6A;

[0017] Fig. 2 ein Diagramm zum Darstellen einer Beziehung zwischen einem Lenkdrehmoment und einem vorgegebenen Motorstromwert (Hilfsstrom) in dem elektrischen Servolenkgerät gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0018] Fig. 3A ein Blockschaltbild zum Darstellen der Anordnung des elektrischen Servolenkgeräts gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 3B ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs einer in Fig. 3A gezeigten Phasennacheilungskompensationseinheit 6B;

[0020] Fig. 4A ein Blockschaltbild zum Darstellen der Anordnung eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0021] Fig. 4B ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs einer in Fig. 4A gezeigten Phasennacheilungskompensationseinheit 6C;

[0022] Fig. 5 ein Blockschaltbild zum Darstellen der Anordnung eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0023] Fig. 6A ein Blockschaltbild zum Darstellen der Anordnung eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0024] Fig. 6B ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs einer in Fig. 6A gezeigten Phasennacheilungs-

Kompensationseinheit 6A;

[0025] Fig. 7 ein Diagramm zum Darstellen einer Beziehung – bei hohen und niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten – zwischen einem Lenkdrehmoment und einem Motorstromwert (Hilfsstrom) in einem elektrischen Servolenkgerät gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0026] Fig. 8 ein Bode-Diagramm für eine beispielhafte Darstellung der Tatsache, dass eine Wirkung der Phasennacheilungskompensation durch die Phasennacheilungskompensationseinheit abgesenkt ist.

[0027] Die Fig. 1A zeigt ein Steuerblockschaltbild eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Motor 3 erzeugt eine Hilfslenkkraft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit Straßenrädern eines Fahrzeuges (nicht gezeigt) verbindet. Ein Lenkdrehmoment T, das auf das Lenksystem ausgeübt wird, wird durch einen Drehmomentensor 1 detektiert, und eine Fahrzeuggeschwindigkeit V wird durch einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 2 detektiert. Das elektrische Servolenkgerät enthält einen Controller 12A mit einem ersten Phasenvoreilungskompensator 4, einer zweiten Phasenvoreilungskompensationseinheit 5, einer Phasennacheilungskompensationseinheit 6A, einer Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7, einem Motorstromsensor 8, einer Motorstrom-Steuereinheit 9 und einem Motor 13. Der erste Phasenvoreilungskompensator 4, der ein Ausgangssignal eines Drehmomentensors 1 empfängt, ist in Hardware konfiguriert. Die zweite Phasenvoreilungskompensationseinheit 5 und die Phasennacheilungskompensationseinheit 6A sind in Software konfiguriert. Die zweite Phasenvoreilungskompensationseinheit 5 und die Phasennacheilungskompensationseinheit 6A sind in Software konfiguriert. Die zweite Phasenvoreilungskompensationseinheit 5 empfängt die Ausgangsgröße des ersten Phasenvoreilungskompensators 4 und die Ausgangsgröße des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors 2. Die Phasennacheilungskompensationseinheit 6A empfängt die Ausgangsgrößen des ersten Phasenvoreilungskompensators 4 und der zweiten Phasenvoreilungskompensationseinheit 5, und die Ausgangsgröße des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors 2. Die Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7 berechnet einen gewünschten Wert für einen Strom, der dem Motor 3 zuzuführen ist, auf der Grundlage sowohl der Ausgangsgröße des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors 2 als auch der Ausgangsgröße der Phasennacheilungskompensationseinheit 6A. Der Motorstromsensor 8 detektiert einen Strom des Motors 3. Die Motorstrom-Steuereinheit 9 steuert bzw. regelt einen dem Motor zuzuführenden Motorstrom auf der Grundlage sowohl des Motorstrom-Sollwerts von der Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7 als auch dem detektierten Motorstromwert von dem Motorstromsensor 8. Der Motortreiber 10 treibt den Motor 3 in Ansprechen auf das Stell- bzw. Steuersignal, das von der Motorstrom-Steuereinheit 9 abgegeben wird.

[0028] Wie in Fig. 1A gezeigt, sind die zweite Phasenvoreilungskompensationseinheit 5, die Phasennacheilungskompensationseinheit 6A, die Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7 und die Motorstrom-Steuereinheit 9 betriebsgemäß durch einen Mikroprozessor 11A realisiert.

[0029] Die Fig. 1B zeigt ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs der Phasennacheilungskompensationseinheit 6A.

[0030] Insbesondere lässt sich zum Erzielen einer abgesenkten Wirkung der Phasennacheilungskompensation der Phasennacheilungskompensationseinheit 6A die Phasennacheilungskompensation unterbinden. Alternativ lässt sich der Umfang der Phasennacheilung bei der Phasenna-

cheilungskompensation reduzieren, oder der Umfang der Phasenvoreilung bei der Phasenvoreilungskompensation lässt sich erhöhen, oder es kann eine zusätzliche Phasenvoreilungskompensation ergänzt werden. Wie allgemein anhand dem in Fig. 8 gezeigten Bode-Diagramm dargestellt, lässt sich die Arbeitsfrequenz (Engl.: break frequency) des Filters zu einem höheren Frequenzbereich verschieben, d. h. die Kurve I wird zu der Kurve II verschoben, und zwar zum Implementieren der Phasennachstellung. Für die Phasenvoreilung kann andererseits die Arbeitsfrequenz zu einem niedrigeren Frequenzbereich verschoben werden, d. h. die Kurve II wird zu der Kurve I verschoben.

[0031] Das in Fig. 8 gezeigte Bode-Diagramm ist mit der Frequenz in Hz als X-Achse gezeigt, und mit dem Gewinn in dB als Y-Achse, und der Gewinn ist gegeben durch  $(1 + b \cdot ES)/(1 + a \cdot ES)$ . Die Werte a und b der Kurven I, II und III nach Fig. 8 sind jeweils wie folgt definiert:

I  
a = 0.05305 (3 Hz)  
b = 0.02653 (6 Hz)

II  
a = 0.03979 (4 Hz)  
b = 0.02653 (6 Hz)

III  
a = 0.02653 (6 Hz)  
b = 0.03979 (4 Hz)

[0032] Nun wird ein Betrieb des Controllers 12A in dem elektrischen Servolenkgerät unter Bezug auf die Fig. 1A und 1B beschrieben.

[0033] Zunächst erfolgt die Eingabe eines Ausgangssignals (Drehmomentsignals) T von dem Drehmomentsensor 1 zum Darstellen des Lenkdrehmoments T bei dem Controller 12A, und es wird dann gemäß einer Phasenvoreilungsart durch den Phasenvoreilungs-Kompensator 4 kompensiert. Der erste Phasenvoreilungs-Kompensator 4 bewirkt eine Kompensation des Ausgangssignals T in einer Phasenvoreilungsweise in einem Gebiet der Übergangsfrequenz  $f_c$  des Lenksystems (d. h., bei einer Frequenz von 0 dB, von beispielsweise ungefähr 30 Hz, obgleich sich eine Variation gemäß dem Fahrzeugtypen) ergibt. Diese Phasenvoreilungskompensation ermöglicht einen positiven und erhöhten Wert für den Phasenabstand. Allgemein führt ein höherer Phasenabstand zu einer höheren Lenksystemstabilität. Demnach erzielt die Phasenvoreilungskompensation durch den ersten Phasenvoreilungs-Kompensator 4 eine Verbesserung der Lenksystemstabilität.

[0034] Das Ausgangssignal, das im Hinblick auf eine Phasenvoreilungsart durch den ersten Phasenvoreilungs-Kompensator 4 kompensiert ist, wird durch den Mikroprozessor 11A erfasst. Das erfasste Signal wird anschließend in einer Phasenvoreilungsart durch die zweite Phasenvoreilungs-Kompensationseinheit 5 in einem Gebiet der Übergangsfrequenz  $f_c$  des Lenksystems - d. h., 20 bis 80 Hz - kompensiert. Diese Phasenvoreilungskompensation führt im Ergebnis zu einem erhöhten Gewinn und einem erhöhten Phasenrand. Wie oben beschrieben, wird das Drehmomentsignal in einer Phasenvoreilungsart bei unterschiedlichen Frequenzgebieten kompensiert, unter Verbesserung des Lenksystemsprechverhaltens und der Lenksystemstabilität.

[0035] Hiernach erfolgt gemäß Fig. 1B dann, wenn das Lenkdrehmoment T, das durch den Drehmomentsensor 1 detektiert wird, einen vorgegebenen Wert  $\alpha$  von beispielsweise ungefähr  $2 \cdot N$  - Nm übersteigt, eine Kompensation des Ausgangssignals T, das in einer Phasenvoreilungsart durch den ersten Phasenvoreilungs-Kompensator 4 durch die zweite Phasenvoreilungs-Kompensationseinheit 5 kompensiert ist, in einer Phasennachstellungsart durch die Phasennachstellungs-Kompensationseinheit 6A in einem Frequenzge-

biet so niedrig wie 1 bis 5 Hz. Hierdurch wird die Übergangsfrequenz niedriger, während der Phasenrand weiter erhöht wird, um weiter die Lenksystemstabilität zu verbessern. Andernfalls wird keine Phasennachstellungs-Kompensation implementiert, oder die Phasenvoreilungs-Kompensation wird implementiert.

[0036] Anschließend wird das Drehmomentsignal, das im Hinblick auf die Phase durch den ersten Phasenvoreilungs-Kompensator 4, die zweite Phasenvoreilungs-Kompensationseinheit 5 und die Phasennachstellungs-Kompensationseinheit 6A kompensiert ist, bei der Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7 eingegeben. Die Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7 berechnet einen Motorstrom-Sollwert auf der Grundlage sowohl des sich ergebenden Drehmomentsignals als auch des Geschwindigkeitssignals V, das von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 2 eingegeben wird. Die Fig. 2 zeigt eine Beziehung zwischen dem Lenkdrehmoment und dem Motorstrom-Sollwert (Hilfsstrom), der durch die Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7 berechnet wird. Der Motorstrom-Sollwert wird so berechnet, dass sich ein höherer Hilfsstrom bei niedrigeren Fahrzeuggeschwindigkeiten abgeben lässt. Die Motorstrom-Steuereinheit 9 berechnet eine Steuergröße auf der Grundlage sowohl des sich ergebenden Motorstrom-Sollwerts als auch des durch den Motorstromsensor 8 detektierten Motorstromwerts, über eine Regelung bzw. Gegenkopplungssteuerung, und der Motor 10 treibt den Motor 3 in Übereinstimmung mit der Stellgröße bzw. der Steuergröße.

[0037] Gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erfolgt eine Kompensation des Drehmomentsignals T in Phasenvoreilungsweise durch den ersten Phasenvoreilungs-Kompensator 4, der in Hardware konfiguriert ist, in einem Gebiet der Übergangsfrequenz des Lenksystems, d. h. von ungefähr 30 Hz. Hiernach wird das kompenzierte Signal wiederum in einer Phasenvoreilungsart durch die zweite Phasenvoreilungs-Kompensationseinheit kompensiert, die in Software konfiguriert ist, und zwar in dem Gebiet einer Übergangsfrequenz von 20 bis 80 Hz. Alternativ kann die Frequenzcharakteristik zumindest des Phasenkompensators 4 und der Phasennachstellungseinheiten 5 und 6A gemäß der detektierten Fahrzeuggeschwindigkeit zum Verbessern des Lenksystemsprechverhaltens und der Lenksystemstabilität modifiziert sein.

[0038] Bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit so niedrig wie weniger als 30 km/h, wird ein höherer Lenksystemgewinn unter Bezug auf die in Fig. 2 gezeigte Beziehung zwischen dem Lenkdrehmoment und dem Motorstrom-Sollwert (Hilfsstrom) erzielt, wobeigehend die Übergangsfrequenz (Engl.: crossover frequency) erhöht und der Phasenrand verringert ist. Zum Vermeiden dieser Unannehmlichkeit wird lediglich dann, wenn das Lenkdrehmoment den vorgegebenen Wert  $\alpha$  von beispielsweise ungefähr  $2 \cdot N$  - Nm übersteigt, das Signal in einer Phasennachstellungsart durch die Phasennachstellungs-Kompensationseinheit 6A kompensiert, und zwar in einem niedrigen Frequenzbereich von 1 bis 5 Hz, zum Verbessern des Phasenrands des Lenkdrehmoments. Demnach lässt sich eine Verbesserung der Lenksystemstabilität erzielen.

[0039] Jedoch führt die Phasennachstellungs-Kompensation zu einer Verringerung der Übergangsfrequenz unter Verringerung des Gewinns in einem Gebiet einer Lenkfrequenz von 1 bis 5 Hz, was im Ergebnis zu einer Verschlechterung des Lenksystemsprechverhaltens führt. Demnach wird dann, wenn das Lenkdrehmoment bei einem vorgegebenen Wert  $\alpha$  oder weniger liegt, keine Phasennachstellungs-Kompensation implementiert, oder bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten über einem vorgegebenen Wert, wie beispielsweise 30 km/h, bei denen der Gewinn niedrig und der

Phasenrand ausreichend ist, wie anhand von Fig. 2 zu erkennen ist, wird die Phasenvervorrellungs-Kompensation in einem niedrigen Frequenzbereich von 1 bis 5 Hz implementiert, angewandt auf einen tatsächlichen Lenkbetrieb. Diese Phasenvervorrellungskompensation führt zu einer Verbesserung des Ansprechverhaltens unter Bereitstellung einer ausreichenden Lenkunterstützung, wodurch es möglich ist, eine Verschlechterung des Lenkgefühls selbst dann zu vermeiden, wenn das Lenkrad scharf gedreht wird oder wenn das Lenkrad periodisch mit einem kurzen Schwung oder einer kurzen Amplitude gedreht wird.

[0040] Ferner wird bei der ersten Ausführungsform die Phasenkompensation in Software bei einem niedrigen Frequenzbereich wie beispielsweise 1 bis 5 Hz implementiert, der allgemein für einen tatsächlichen Lenkbetrieb eingesetzt wird. Der Grund hierfür besteht darin, dass dann, wenn die Phasenkompensation in Hardware bei einer niedrigen Frequenz implementiert ist, ein Kondensator mit größerem Kapazitätswert für die Phasenkompensation erforderlich ist, was die Kosten erhöht. Bei einer Softwareimplementierung ist jedoch ein derartiger Kondensator nicht erforderlich, und es kann eine niedrige Abtastfrequenz verwendet werden, die lediglich einen kostengünstigen Mikroprozessor erfordert. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Phasenkompensation nicht notwendigerweise in Software bei einem niedrigen Frequenzbereich zu implementieren, und eine Vielzahl von Modifikationen oder Variationen können in Abhängigkeit von den Fahrzeugtypen oder Eigenschaften in Betracht gezogen werden.

[0041] Beispielsweise sei angenommen, dass die Phasenkompensationseinheiten 5 und 6A in Hardware konfiguriert sind. Liegen eine Erweiterung des Schaltungsumfanges und eine Zunahme der Kosten in einem zulässigen Bereich, so kann die Phasenkompensation in Hardware sowohl in hohen als auch niedrigen Frequenzbereichen implementiert sein. Hierdurch lässt sich eine Wirkung der Quantisierungsfehler durch einen A/D-Umsetzer reduzieren oder eliminieren, die dann auftreten, wenn die Phasenkompensation in Software implementiert ist. Alternativ kann die Phasenkompensation in Software sowohl bei hohen als auch niedrigen Frequenzbereichen dann implementiert sein, wenn der Mikroprozessor 11A einen ausreichend hohen Durchsatz hat und wenn die im Zusammenhang mit dem Mikroprozessor 11A auftretenden Kosten reduziert sind, da er einen Betrieb mit hoher Geschwindigkeit ermöglicht.

[0042] Gemäß der ersten Ausführungsform erfolgt die Bestimmung der Phasenkompensation dann, wenn das Lenkrad scharf gedreht wird oder wenn das Lenkrad periodisch mit kurzem Schwung gedreht wird, auf der Grundlage der Tatsache, ob das Lenkrehmoment  $T$  nicht größer als ein vorgegebener Wert ist oder nicht, insbesondere ungefähr  $2 \text{ N} \cdot \text{m}$ . Gemäß einer zweiten Ausführungsform wird eine Lenkrahgeschwindigkeit, beispielsweise eine Lenkrah-Drehgeschwindigkeit - d. h., die Umdehnungsgeschwindigkeit - detektiert, zum Bestimmen der Phasenkompensation auf der Grundlage der Tatsache, ob die detektierte Lenkrate oder Geschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt oder nicht.

[0043] Die Fig. 3A zeigt ein Steuerblockschaltbild eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Darstellung eines hierin enthaltenen Controllers 12B. Die Fig. 3B zeigt ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs einer Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6C. Wie in Fig. 3A gezeigt, wird ein Lenkrad-Winkelgeschwindigkeitssensor 13 zum Detektieren einer Winkelgeschwindigkeit  $\theta(s)$  eines Lenkrads als Lenkgeschwindigkeitdetektor zum Detektieren einer Lenkrate oder Geschwindigkeit eingesetzt. Das

Ausgangssignal des Lenkrad-Winkelgeschwindigkeitssensors 13 als Darstellung einer Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta(s)$  wird bei der Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6B eingegeben. Wie in Fig. 3B gezeigt, bestimmt die Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6B auf der Grundlage des Ausgangssignals, gemäß dem ein Betreiber das Lenkrad scharf dreht, ob die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta(s)$  einen vorgegebenen Wert  $\beta$  übersteigt, beispielsweise in der Größenordnung von 333 bis 500 Grad/s. Andererseits ist wiederum keine Phasenachheilungs-Kompensation durch die Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6B implementiert, oder die Phasenvervorrellungs-Kompensation ist implementiert. Liegt die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta(s)$  bei dem vorgegebenen Wert  $\beta$  oder niedriger, so erfolgt eine Kompensation des Ausgangssignals  $T_e$ , das in Phasenvervorrellungsart durch den ersten Phasenvervorrellungs-Kompensator 4 und durch die zweite Phasenvervorrellungs-Kompensationseinheit 5 kompensiert ist, in einer Phasenachheilungsart durch die Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6B in einem Frequenzbereich so niedrig wie 1 bis 5 Hz. Dies bewirkt ein Absenken der Übergangsfrequenz bei Erhöhung des Phasenrands durch Verbessern der Lenksystemstabilität.

[0044] Weitere Konfigurationen, Merkmale und Vorteile der zweiten Ausführungsform sind dieselben wie diejenigen der ersten Ausführungsform.

[0045] Bei der zweiten Ausführungsform erfolgt eine Bestimmung der Phasenkompensation dann, wenn ein Lenkrad scharf gedreht wird oder wenn das Lenkrad periodisch mit kurzem Schwung gedreht wird, auf der Grundlage der Tatsache, ob die als Lenkrate oder Geschwindigkeit detektierte Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta(s)$  einen vorgegebenen Wert übersteigt. Gemäß einer dritten Ausführungsform wird eine Umdehnungsgeschwindigkeit  $\dot{\theta}(m)$  des Motors 3 anstelle der Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta(s)$  detektiert, oder die Phasenvervorrellungs/Phasenachheilungs-Kompensation wird zum Kompensieren der detektierten Motorgeschwindigkeit implementiert. Die Phasenkompensation wird dann auf der Grundlage der Tatsache bestimmt, ob die detektierte Motorgeschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt oder nicht.

[0046] Die Fig. 4A zeigt ein Blockschaltbild eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Darstellung eines Controllers 2C, der hierin enthalten ist. Die Fig. 4B zeigt ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs einer Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6C. Wie in Fig. 4A gezeigt, setzt die dritte Ausführungsform einen Motorgeschwindigkeitssensor 14 zum Detektieren einer Umdehnungsgeschwindigkeit  $\dot{\theta}(m)$  des Motors 3 anstelle des Lenkrad-Winkelgeschwindigkeitssensors 13 ein. Das Ausgangssignal des Motorgeschwindigkeitssensors 14 zum Darstellen einer Motorgeschwindigkeit  $\dot{\theta}(m)$  wird bei der Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6C eingegeben. Wie in Fig. 4B gezeigt, bestimmt die Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6C auf der Grundlage des Ausgangssignals, dass ein Betreiber das Lenkrad dann scharf dreht, wenn die Motorgeschwindigkeit  $\dot{\theta}(m)$  einen vorgegebenen Wert  $\gamma$  übersteigt (beispielsweise in der Größenordnung von 1000 bis 1500 U/min). Andererseits wird keine Phasenachheilungs-Kompensation durch die Phasenachheilungs-Kompensationseinheit 6C implementiert, oder die Phasenvervorrellungs-Kompensation wird implementiert. Liegt die Motorgeschwindigkeit  $\dot{\theta}(m)$  bei dem vorgegebenen Wert  $\gamma$  oder niedriger, so erfolgt eine Kompensation des Ausgangssignals  $T_e$  für das eine Kompensation in Phasenvervorrellungsart durch den ersten Phasenvervorrellungs-Kompensator 4 und durch die zweite Phasenvervorrellungs-Kompensationseinheit 5

erfolge, in Phasennachteilungsart durch die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6C in einem Frequenzbereich so niedrig wie 1 bis 5 Hz. Dies bewirkt ein Absinken der Übergangsfrequenz bei Erhöhung des Phasenrands zum Verbessern der Lenksystemstabilität.

[0047] Andere Konfigurationen, Merkmale und Vorteile der dritten Ausführungsform sind dieselben wie diejenigen der ersten Ausführungsform.

[0048] Bei der zweiten und dritten Ausführungsform erfolgt eine Detektion einer Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit 9(s) als Lenkrate und einer Umdrehungsgeschwindigkeit 9(m) des Motors 3. Auf der Grundlage der Tatsache, ob die jeweils detektierte Geschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt oder nicht, erfolgt die Bestimmung der Phasenkompensation dann, wenn ein Lenkrad scharf gedreht wird oder, wenn ein Lenkrad periodische mit kurzem Schwung gedreht wird. Gemäß einer vierten Ausführungsform erfolgt die Detektion sowohl einer Lenkrate oder Geschwindigkeit des Lenkrads als auch einer Umdrehungsrate oder Geschwindigkeit des Motors 3, und die Phasenvorleistungs-/Nachteilungskompensation kann zum Kompensieren der detektierten Rate oder Geschwindigkeit implementiert werden. Die Bestimmung der Phasenkompensation erfolgt auf der Grundlage der Tatsache, ob zumindest eine der detektierten Raten oder Geschwindigkeiten einen vorgegebenen Wert übersteigt.

[0049] Die Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Darstellung eines hierin enthaltenen Controllers 12D. Die vierte Ausführungsform kombiniert gemeinsam die zweite und dritte Ausführungsform. In anderen Worten ausgedrückt, enthält das Gerät gemäß der vierten Ausführungsform sowohl den Lenkrad-Winkelgeschwindigkeitssensor 3 als auch den Motorgeschwindigkeitssensor 14. Das Ausgangssignal des Lenkrad-Winkelgeschwindigkeitssensors 3 unter Darstellung der Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit 9(s) und das Ausgangssignal des Motorgeschwindigkeitssensors 14 unter Darstellung einer Motorgeschwindigkeitssensor 9(m) werden bei der Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6D eingegeben. Die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6D bestimmt dann auf der Grundlage eines dieser Ausgangssignale, dass ein Betreiber das Lenkrad scharf dreht, wenn die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit 9(s) einen vorgegebenen Wert  $\beta$  übersteigt oder wenn die Motorgeschwindigkeit einen vorgegebenen Wert  $\gamma$  übersteigt. Abwechselnd wird keine Phasennachteilungs-Kompensation durch die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6C implementiert oder die Phasenvorleistungs-Kompensation wird implementiert. Ist die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit 9(s) gleich dem vorgegebenen Wert  $\beta$  oder weniger oder ist die Motorgeschwindigkeit 9(m) gleich dem vorgegebenen Wert  $\gamma$  oder weniger, so erfolgt eine Kompensation des Ausgangssignals  $T_0$ , das in Phasenvorleistungsart durch den ersten Phasenvorleistungs-Kompensator 4 und die zweite Phasenvorleistungs-Kompensationseinheit 5 kompensiert ist, in Phasennachteilungsart durch die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6D in einem Frequenzbereich so niedrig wie 1 bis 5 Hz. Dies bewirkt ein Absinken der Übergangsfrequenz bei Erhöhung des Phasenrands zum Verbessern der Lenksystemstabilität.

[0050] Die anderen Konfigurationen, Merkmale und Vorteile der vierten Ausführungsform sind dieselben wie diejenigen der ersten Ausführungsform.

[0051] Bei der ersten Ausführungsform wird die Phasenkompensation dann, wenn ein Lenkrad scharf gedreht wird oder wenn ein Lenkrad periodisch mit kurzem Schwung gedreht wird, auf der Grundlage der Tatsache bestimmt, ob das

Lenkdrehmoment  $T$  nicht größer als ein vorgegebener Wert  $\alpha$  ist. Bei der zweiten bis vierten Ausführungsform erfolgt ein Detektieren der Lenkrate oder Geschwindigkeit, beispielsweise einer Lenkrad-Drehrate oder Umdrehungsgeschwindigkeit, oder die Phasenvorleistungs-/Nachteilungskompensation wird zum Kompensieren der detektierten Rate oder Geschwindigkeit implementiert. Die Phasenkompensation wird dann auf der Grundlage der Tatsache bestimmt, ob die detektierte Rate oder Geschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt. Eine fünfte Ausführungsform kombiniert die erste Ausführungsform mit jeder der zweiten bis vierten Ausführungsform. Es ist zu erwarten, dass eine Entscheidung auf der Grundlage der Lenkrate oder Geschwindigkeit einer Entscheidung auf der Grundlage des Lenkdrehmoments  $T$  vorangeht, d. h., dann, wenn die Lenkrate oder Geschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt, wird eine Wirkung der Phasennachteilungs-Kompensation selbst dann reduziert, wenn das Lenkdrehmoment  $T$  einen vorgegebenen Wert übersteigt.

[0052] Die Fig. 6a zeigt ein Blockschaltbild eines elektrischen Servolenkgeräts gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Darstellung eines hierin enthaltenen Controllers 12E. Die Fig. 6B zeigt ein Flussdiagramm zum Darstellen eines Betriebs einer Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6E. Wie in Fig. 6A gezeigt, empfängt gemäß der fünften Ausführungsform die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6E das Lenkdrehmomentssignal  $T$ , das im Hinblick auf die Phase durch den ersten Phasenvorleistungs-Kompensator 4 kompensiert ist. Die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6E empfängt auch ein Ausgangssignal des Lenkrad-Winkelgeschwindigkeitssensors 13 und ein Ausgangssignal des Motorgeschwindigkeitssensors 14. Wie in Fig. 6B gezeigt, erfolgt zunächst eine Entscheidung auf der Grundlage entweder einer Umdrehungsgeschwindigkeit 9(m) des Motors 3 oder einer Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit 9(s). Insbesondere bestimmt die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6E auf der Grundlage dieser Ausgangssignale, dass ein Betreiber das Lenkrad scharf dreht, wenn die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit 9(s) einen vorgegebenen Wert  $\beta$  von beispielsweise in der Größenordnung von 333 bis 500 Grad bzw. deg/s übersteigt, oder wenn die Motorgeschwindigkeit 9(m) einen vorgegebenen Wert  $\gamma$  von beispielsweise in der Größenordnung 1000 bis 1500 U/min übersteigt. Abwechselnd wird keine Phasennachteilungs-Kompensation durch die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6E implementiert oder die Phasenvorleistungs-Kompensation wird implementiert. Liegt die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit 9(s) bei dem vorgegebenen Wert  $\beta$  oder niedriger oder liegt die Motorgeschwindigkeit 9(m) bei dem vorgegebenen Wert  $\gamma$  oder niedriger, so schreitet der Prozess zu einem anderen Entscheidungsblock fort, indem entschieden wird, ob das Lenkdrehmoment  $T$  einen konsistenten Wert  $\alpha$  übersteigt oder nicht. Ist dies der Fall, so erfolgt eine Kompensation des Ausgangssignals  $T_0$ , das in einer Phasenvorleistungsart durch den ersten Phasenvorleistungs-Kompensator 4 und durch die zweite Phasenvorleistungs-Kompensationseinheit 5 kompensiert ist, in einer Phasennachteilungsart durch die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6E in einem Frequenzgebiet so niedrig wie 1 bis 5 Hz. Dies bewirkt ein Absinken der Übergangsfrequenz bei Erhöhung des Phasenrands zum Verbessern der Lenksystemstabilität. Liegt das Lenkdrehmoment  $T$  bei dem vorgegebenen Wert  $\alpha$  oder niedriger, so wird keine Phasennachteilungs-Kompensation implementiert oder die Phasennachteilungs-Kompensation wird durch die Phasennachteilungs-Kompensationseinheit 6E implementiert.

[0053] Andere Konfigurationen, Merkmale und Vorteile

der fünften Ausführungsform sind dieselben wie diejenigen der ersten Ausführungsformen.

[0054] Für die erste bis fünfte Ausführungsform gilt die in Fig. 2 dargestellte Beziehung zwischen dem Lenkdrehmoment und dem Motorstrom-Sollwert (Hilfsstrom), der durch die Motorstrom-Sollwert-Berechnungseinheit 7 berechnet wird, unter Widerspiegelung eines konstanten Gradienten bei einer konstanten Geschwindigkeit, unabhängig von der Größe des Lenkdrehmoments.

[0055] Ein elektrisches Servolenkgerät gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält einen Controller, der eine unterschiedliche Beziehung zwischen dem Lenkdrehmoment und dem Hilfsstrom aufweist, wie in Fig. 7 gezeigt, obgleich der Controller dieselbe Konfiguration wie bei der ersten bis fünften Ausführungsform aufweist.

[0056] Insbesondere wird der Gewinn der Hilfsdrehmomentausgabe relativ zu der Lenkdrehmomenteingabe, die durch einen Gradienten in der in Fig. 5 gezeigten Zeichnung bezeichnet ist, niedriger in einem Bereich unter Angabe eines niedrigen Drehmoments von 2 N · m oder weniger festgelegt, indem eine Wirkung der Phasennachschleifung-Kompensation abzusinken ist, als in dem anderen Bereich unter Angabe eines Drehmoments über 2 N · m, und der Festlegung des Gewinns in Übereinstimmung mit den Fahrzeuggeschwindigkeiten. Demnach lässt sich eine Verschlechterung der Stabilität vermeiden, die sich andernfalls aufgrund einer abgesehenen Wirkung der Phasennachschleifung-Kompensation bei einem niedrigen Drehmoment ergeben würde, die zu einem erhöhten Gewinn führt, bei Erhöhung der Übergangsfrequenz zum Absinken des Randabstands. Ferner lässt sich eine Überreaktion einer durch eine Straße ausgeübten Reaktionskraft eliminieren oder reduzieren, wenn das Lenkrad in einer Neutralposition vorliegt, während sich das Fahrzeug geradlinig auf der Straße fortbewegt.

[0057] Andere Konfigurationen, Merkmale und Vorteile der sechsten Ausführungsform sind dieselben wie diejenigen der ersten bis fünften Ausführungsformen.

[0058] Obgleich die vorliegende Erfindung unter Darstellung von deren bevorzugten Formen beschrieben ist, ist zu erkennen, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen lediglich darstellend sind, und dass zahlreiche Änderungen und Modifikationen hierauf angewandt werden können, ohne von dem Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen, der lediglich durch die angefügten Patentansprüche beschränkt ist.

#### Patentansprüche

1. Elektrisches Servolenkgerät, enthaltend:  
einen Motor (3) zum Erzeugen einer Hilfslenkkräft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit zu steuernden Fahrzeugrädern verbindet;  
einen Drehmomentsensor (1) zum Detektieren eines Drehmoments, das auf das Lenksystem angewandt wird; und  
einen Controller (12A) zum Steuern eines dem Motor (3) in Ansprechen auf die Lenkinformation derart zu zuführenden Strom, dass der Lenkbetrieb des Betreibers des Lenkrads unterstützt wird; derart, dass der Controller (12A) eine Kompensatorvorrichtung (4, 5, 6A) enthält, und zwar zum Implementieren der Phasenvorleistungs- und Phasennachschleifung-Kompensation für das Lenkdrehmoment auf der Grundlage der Ausgangsgröße des Drehmomentsensors (1), und derart, dass die Kompensatorvorrichtung (6A) eine verringerte Wirkung der Phasennachschleifung-Kompensation

dann aufweist, wenn das Lenkdrehmoment einen vorgegebenen Wert oder weniger aufweist.

2. Elektrisches Servolenkgerät, enthaltend:  
einen Motor (3) zum Erzeugen einer Hilfslenkkräft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit zu steuernden Fahrzeugrädern verbindet;  
einen Drehmomentsensor (1) zum Detektieren eines auf das Lenksystem ausgeübten Lenkdrehmoments;  
einen Lenkradedetektor (13, 14) zum Detektieren einer Lenkgeschwindigkeit des Lenksystems; und  
einen Controller (12B, 12C, 12D) zum Steuern eines dem Motor (3) in Ansprechen auf die Lenkinformation so zuzuführenden Stroms, dass ein Lenkbetrieb des Betreibers des Lenkrads unterstützt wird; derart, dass der Controller (12B, 12C, 12D) eine Kompensatorvorrichtung (4, 5, 6B, 6C, 6D) enthält, zum Implementieren der Phasenvorleistungs- und der Phasennachschleifung-Kompensation für das durch den Drehmomentsensor (1) detektierte Lenkdrehmoment und dass die Kompensatorvorrichtung (6B, 6C, 6D) eine abgeseignete Wirkung der Phasennachschleifung-Kompensation dann aufweist, wenn die durch den Lenkradedetektor (13, 14) detektierte Lenkgeschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt.

3. Elektrisches Servolenkgerät, enthaltend:  
einen Motor (3) zum Erzeugen einer Hilfslenkkräft für ein Lenksystem, das ein Lenkrad mit zu steuernden Fahrzeugrädern verbindet;  
einen Drehmomentsensor (1) zum Detektieren eines auf das Lenksystem angewandten Lenkdrehmoments;  
einen Lenkradedetektor (13, 14) zum Detektieren einer Lenkgeschwindigkeit des Lenksystems; und  
einen Controller (12E) zum Steuern eines dem Motor (3) auf der Grundlage von Lenkinformation so zuzuführenden Stroms, dass ein Lenkbetrieb eines Betreibers des Lenkrads unterstützt wird; derart, dass der Controller (12E) eine Kompensatorvorrichtung (4, 5, 6E) zum Implementieren der Phasenvorleistungs- und der Phasennachschleifung-Kompensation für das Lenkdrehmoment enthält, auf der Grundlage der Ausgangsgröße des Drehmomentsensors (1) und der Ausgangsgröße des Lenkradedetektors (13, 14), und dass die Kompensatorvorrichtung (6E) eine abgeseignete Wirkung der Phasennachschleifung-Kompensation dann aufweist, wenn das Lenkdrehmoment einen vorgegebenen Wert oder weniger aufweist oder wenn die durch den Lenkradedetektor (13, 14) detektierte Lenkgeschwindigkeit einen vorgegebenen Wert übersteigt.

4. Elektrisches Servolenkgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Phasennachschleifung-Kompensationswirkung der Kompensatorvorrichtung (6E) auf der Grundlage der Lenkgeschwindigkeit vor dem Lenkdrehmoment ändert.

5. Elektrisches Servolenkgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewinn einer Hilfsdrehmomentausgabe relativ zu einer Drehmomenteingabe der Kompensatorvorrichtung, der in Übereinstimmung mit der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs festgelegt ist, an dem das elektrische Servolenkgerät montiert ist, in einem Bereich niedriger festgelegt ist, der ein niedriges Drehmoment repräsentiert, bei dem eine abgeseignete Wirkung der Phasennachschleifung-Kompensation der Kompensatorvorrichtung (6A, 6B, 6C, 6D, 6E) erforderlich ist, als in einer Zone, die ein höheres Drehmoment repräsentiert.

6. Elektrisches Servolenkgerät nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Lenkradedetektor einen Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit

keitssensor (13) zum Detektieren einer Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads enthält.

7. Elektrisches Servolenkgerät nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Lenkratendetektor einen Motorgeschwindigkeitssensor (14) zum Detektieren einer Umdrehungsgeschwindigkeit des Motors (3) enthält.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



FIG. 1A

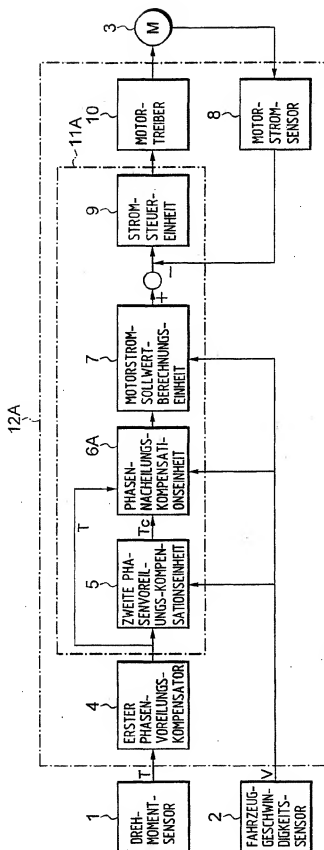


FIG. 1B

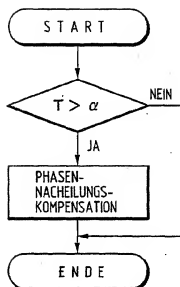


FIG. 2

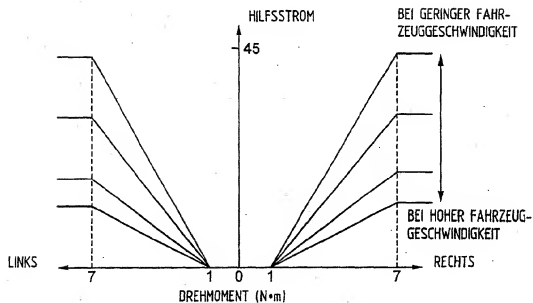


FIG. 3A

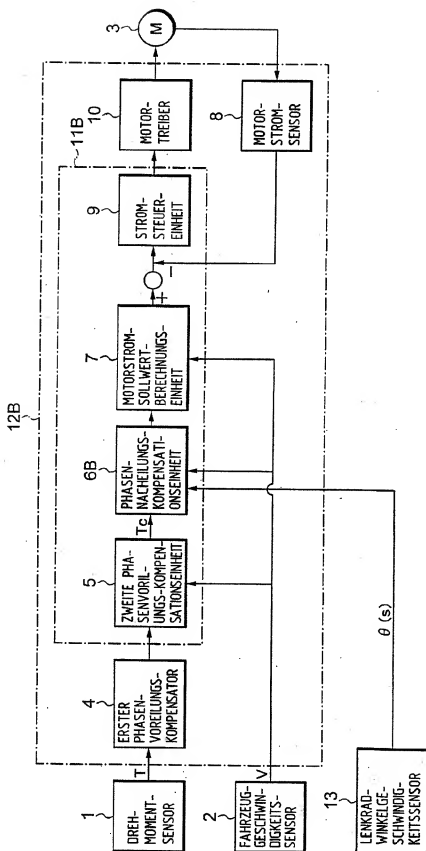


FIG. 3B

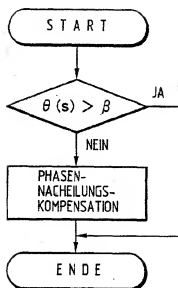


FIG. 4A

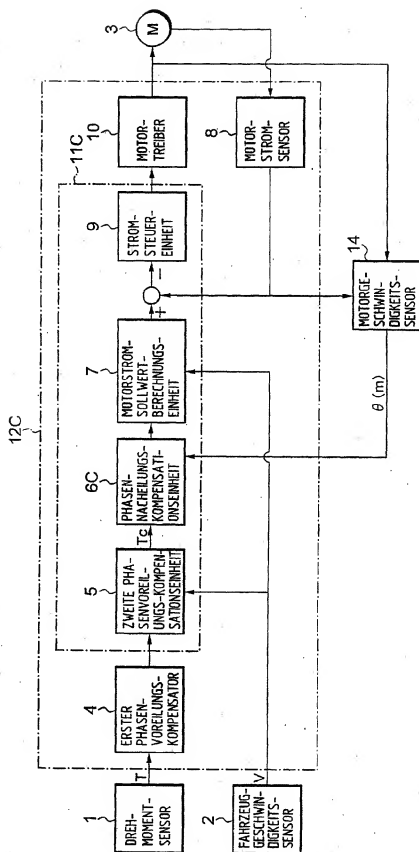


FIG. 4B

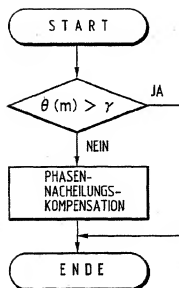


FIG. 5

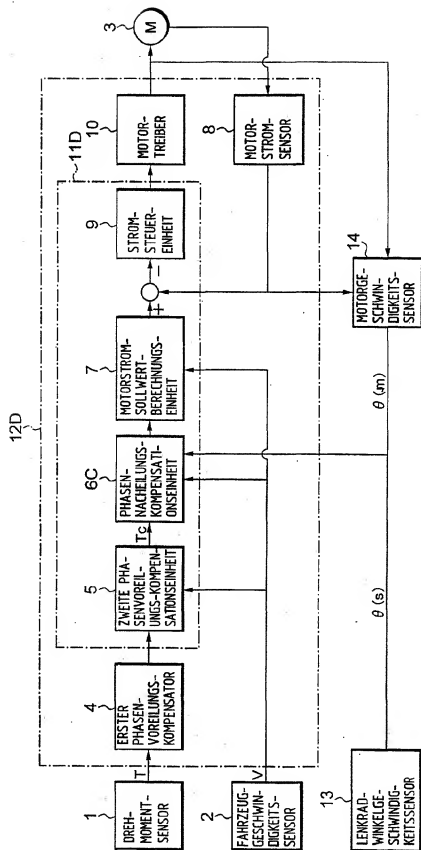


FIG. 6A

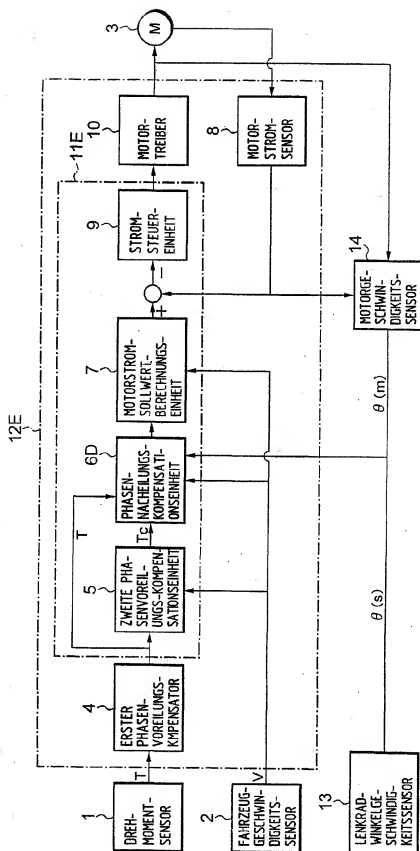




FIG. 6B

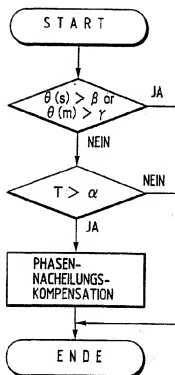


FIG. 7

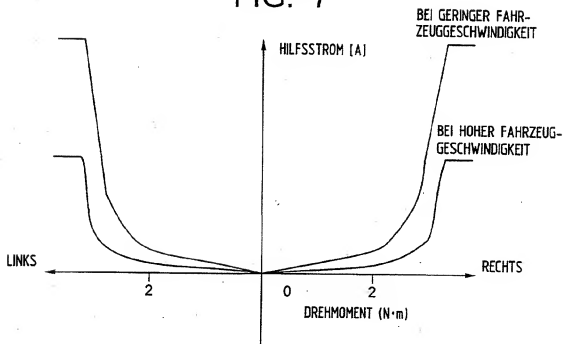


FIG. 8

